

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3928066 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 39 28 066.7  
㉔ Anmeldetag: 25. 8. 89  
㉕ Offenlegungstag: 28. 2. 91

㉙ Int. Cl. 5:  
**F01 L 9/04**  
F 01 L 1/18  
H 01 F 7/08

DE 3928066 A1

㉚ Anmelder:

Binder Magnete GmbH, 7730  
Villingen-Schwenningen, DE

㉛ Vertreter:

Westphal, K., Dipl.-Ing.; Mußgnug, B., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., 7730 Villingen-Schwenningen; Buchner,  
O., Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

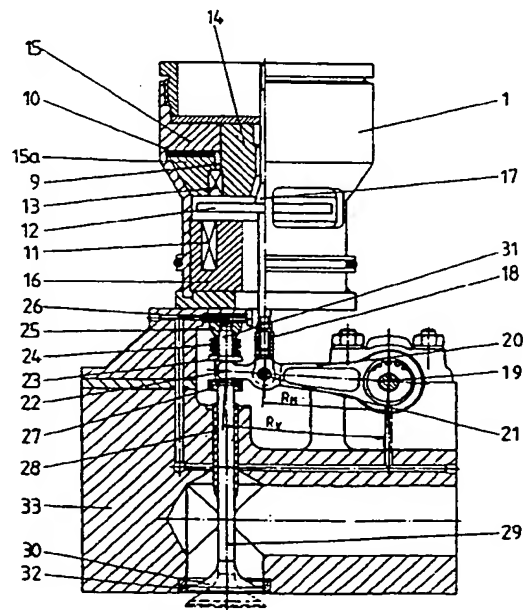
㉜ Erfinder:

Anritter, Werner, Dipl.-Ing., 7730  
Villingen-Schwenningen, DE; Gruschka, Edda, 7737  
Bad Dürkheim, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉞ Vorrichtung zur elektromagnetischen Steuerung eines Gaswechsel-Ventils einer Hubkolben-Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur elektromagnetischen Steuerung eines Gaswechsel-Ventils einer Hubkolben-Brennkraftmaschine. Das Ventil (29) ist über einen seitlich angeordneten, als Drehstabfeder wirkenden Schwinghebel (20) bewegbar, an dem die Ankerstange (17) eines zwischen einem ventilseitigen Elektromagnetsystem (11, 16) und einem Permanentmagneten (10) mit einer Kompensationsspule (13) auf der gegenüberliegenden Seite bewegbaren Anker (12) angreift. Der aus einem Innenpol (14), einem Joch (15) und einem Außenpol (15a) bestehende Magnetkern des Permanentmagneten (10) ist ankerseitig auf den Durchmesser des Ankers (12) reduziert, der durch den Durchmesser des Elektromagnetsystems (11, 16) vorgegeben ist. Damit ergeben sich bei geringerer Baugröße besonders kurze Schaltzeiten und eine gute Anpassung des Leistungsbedarfs des Magnetsystems an die Leistungscharakteristik einer Lichtmaschine.



DE 3928066 A1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur elektromagnetischen Steuerung eines Gaswechsel-Ventils einer Hubkolben-Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der DE-OS 35 00 530 ist eine Vorrichtung dieser Art zur Steuerung eines Gaswechsel-Ventils einer Hubkolben-Brennkraftmaschine bekannt. Bei dieser Vorrichtung ist zwischen zwei elektromagnetischen Systemen ein gemeinsamer Anker vorgesehen, der zum Öffnen und zum Schließen des Ventils gegen die Kraft einer Feder bewegbar ist. Jedes der beiden elektromagnetischen Systeme weist einen Permanentmagneten auf, welcher den Anker jeweils in der Hubendlage hält und dessen Magnetfeld durch das Magnetfeld einer Kompensationsspule aufhebbar ist. Durch eine solche permanentmagnetische Vorerregung sollen sich relativ geringe Schaltzeiten und ein kleiner Energieverbrauch ergeben.

Nachteilig ist bei dieser Vorrichtung der große Platzbedarf und das hohe Gewicht der beiden Systeme mit permanentmagnetischer Vorerregung. Darüber hinaus steht auch der hohe Preis einer Großserien-Anwendung der bekannten Vorrichtung entgegen.

Aus der DE-OS 36 16 540 ist eine ähnliche Vorrichtung bekannt, bei der die beiden bei der obigen Vorrichtung erforderlichen Druckfedern zur Rückstellung des Ventils durch eine einzige, in beiden Richtungen wirkende Drehstabfeder ersetzt sind. Durch diese Maßnahme soll sich das dynamische Verhalten der Ventilsteuerung verbessern und der Einfluß von Verschleiß und Temperaturdehnungen verringern. Der solchermaßen mechanisch verbesserte Teil der Ventilsteuerung ist mit zwei Elektromagnetsystemen kombiniert, zwischen welchen ein gemeinsamer Anker zum Öffnen bzw. Schließen des Ventils bewegbar ist. Die Elektromagnete ohne permanentmagnetische Vorerregung ermöglichen zwar eine geringere Baugröße, besitzen allerdings besonders im unteren Drehzahlbereich einen so hohen Energiebedarf, daß z. B. bei einem Kraftfahrzeugmotor eine Lichtmaschine mit erheblich höherer Leistung verwendet werden muß.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine gattungsgemäße Vorrichtung zur elektromagnetischen Steuerung eines Gaswechsel-Ventils einer Hubkolben-Brennkraftmaschine so zu verbessern, daß sich bei möglichst geringer Baugröße eine Reduzierung des Energiebedarfs im unteren Drehzahlbereich ergibt.

Diese Aufgabe wird mit den im Kennzeichen des Hauptanspruchs angegebenen Mitteln gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet. Erfindungsgemäß besteht das ventileitige Magnetsystem zum Öffnen des Ventils aus einem an sich bekannten, vorzugsweise topfförmigen Elektromagneten, während das dem Ventil abgewandte Magnetsystem zum Schließen des Ventils einen Permanentmagneten aufweist, dessen Magnetfeld in gleichfalls an sich bekannter Weise durch eine Kompensationsspule neutralisierbar ist. Diese erfindungsgemäße Kombination ist deshalb anwendbar, weil während des Verbrennungszyklus eines herkömmlichen Ottomotors selbst bei hohen Drehzahlen Einlaß- wie Auslaßventile wesentlich länger geschlossen als geöffnet sind. Daher ist zum Öffnen des Ventils ein billigeres, rein elektromagnetisches Magnetsystem mit geringerem Durchmesser vorgesehen, während für den Schließmagneten zur Reduzierung des

Energiebedarfs bei niedrigen Drehzahlen ein Permanentmagnetsystem mit einer Kompensationsspule vorgesehen ist.

Da das Permanentmagnetsystem aus physikalischen Gründen einen größeren Durchmesser als der vorzugsweise topfförmige Elektromagnet zum Schließen des Ventils aufweist, ist der Kerndurchmesser des Permanentmagneten ankerseitig etwa auf den Durchmesser des Ankers reduziert, der durch den Durchmesser des Elektromagneten vorgegeben ist. In vorteilhafter Weise kann diese Durchmesserreduzierung dadurch erreicht werden, daß für den Innenpol des Permanentmagneten ein Werkstoff mit möglichst hoher Sättigungsinduktion, z. B. eine etwa 50%ige Eisen-Kobalt-Legierung, verwendet wird.

Joch und Außenpol des Permanentmagneten sind vorzugsweise coaxial auf dem Innenpol angeordnet und fassen den Permanentmagneten beidseitig ein. Dabei weisen Außenpol und Joch vorzugsweise ihren größten Durchmesser an der Einfassung des Permanentmagneten auf und verjüngen sich konisch in Richtung zur Ankerseite bzw. zur gegenüberliegenden Seite.

Der Anker, der zur Verbesserung des Dynamikverhaltens einen möglichst geringen Durchmesser und eine möglichst geringe Masse aufweisen soll, besteht in bevorzugter Ausführung gleichfalls aus einem magnetisch weichen Werkstoff mit möglichst hoher Sättigungsinduktion. Wegen der geringeren Anforderungen an Joch und Außenpol des Permanentmagneten können diese aus billigerem lamelliertem Material bestehen, also etwa aus evolventenförmig geschichteten Blechen konstanter Dicke.

Der Gegenstand der Erfindung ist nachstehend anhand eines in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels im einzelnen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Axialschnitt einer erfindungsgemäßen Steuerungsvorrichtung mit einem nur teilweise dargestellten Zylinder einer Hubkolben-Brennkraftmaschine,

Fig. 2 die beiden Elektromagnet-Systeme der Vorrichtung gemäß Fig. 1 in vergrößerter Darstellung und

Fig. 3 die Leistungscharakteristik einer Lichtmaschine sowie den zugehörigen Leistungsbedarf einer erfindungsgemäßen und einer herkömmlichen elektromagnetischen Ventilsteuerung.

Im unteren Teil von Fig. 1 ist der Zylinderkopf 33 einer Hubkolben-Brennkraftmaschine teilweise dargestellt. Das in einer Führungshülse 28 geführte Ventil 29 liegt mit der äußeren konisch geschliffenen Dichtfläche seines Ventiltellers 30 am Ventilsitz 32 des Zylinderkopfes 33 an. Das Öffnen bzw. Schließen des Ventils 29 erfolgt über einen seitlich angeordneten, einseitig festgelegten Schwinghebel 20, an dem die Ankerstange 17 eines zwischen zwei Magnetsystemen 10, 13, 14, 15, 15a; 11, 16 bewegbaren Ankers 12 angreift. Die Ankerstange 17 ist mit einem Stangenkopf 18 verschraubt, der mit dem Schwinghebel 20 über einen Schwinghebelbolzen 21 verbunden ist. An ihrem freien Ende ist die Ankerstange 17 im Magnetgehäuse 1 verschieblich gelagert.

Der Schwinghebel 20 ist an einem Ende drehbar gelagert und in einer axialen Verlängerung des Lagermittelpunktes 19 fest eingespannt. Das andere freie Ende des Schwinghebels 20, der Schwinghebelkopf 22, greift zwischen eine, auf einem Absatz des Ventilschaftes 31 aufliegende Mitnehmerhülse 27 und eine auf dem Ventilschaft 31 längs bewegliche Schiebehülse 23 ein, die durch eine Tellerfeder 24 gegen eine am Ende des Ventilschaftes 31 befestigte Haltehülse 25 abgestützt ist. Am

oberen Ende des Ventilschaftes 31 ist eine hydraulische Dämpfungseinrichtung 26 zur Dämpfung des Ventiltriebs zum Zwecke der Geräusch- bzw. Verschleißminderung vorgesehen.

Der Aufbau der beiden vom Magnetgehäuse 1 umgebenen Magnetsysteme 10, 13, 14, 15, 15a; 11, 16 zum Öffnen bzw. Schließen des Ventils 29 über die Bewegung des Ankers 12 ist aus Fig. 2 ersichtlich.

Das ventillseitige Magnetsystem 11, 16 besteht aus einer ringförmigen Magnetspule 11, die von einem topfförmigen Kern 16 umgeben ist. Der Durchmesser des Ankers 12 ist durch den Durchmesser des topfförmigen Kerns 16 vorgegeben. Dieser wird wiederum durch den Angreifpunkt des Stangenkopfes 18 auf dem Schwinghebel 20 beeinflusst. Bei einem vorgegebenen Anlenkradius  $R_v$  des Ventils 29 (Abstand des Längsachse des Ventils 29 vom Lagermittelpunkt 19 des Schwinghebels 20) ist die benötigte Ankerkraft umso kleiner, je größer der Anlenkradius  $R_M$  der Ankerstange 17 (Abstand des Schwinghebelbolzens 21 vom Lagermittelpunkt 19 des Schwinghebels 20) ist. Der Durchmesser des Kerns 16 läßt sich also verringern, indem der Anlenkradius  $R_M$  der Ankerstange vergrößert wird. Umgekehrt führt eine Verkleinerung des Anlenkradius  $R_M$  der Ankerstange 17 zur einer vorteilhaften Erhöhung der ungedämpften Eigenfrequenz der Ventilsteuerung. Da allerdings gleichzeitig mit dem Magnetdurchmesser die dynamischen Probleme und der Verschleiß zunehmen, liegt das Verhältnis von  $R_M$  zu  $R_v$  vorzugsweise im Bereich zwischen etwa 0,6 bis 1,0, vorzugsweise bei etwa 0,75.

Gegenüber dem ersten aus der ringförmigen Magnetspule 11 und dem topfförmigen Kern 16 bestehenden Magnetsystem ist das zweite Magnetsystem 10, 13, 14, 15, 15a zum Schließen des Ventils angeordnet. Es besteht aus einem ringförmigen Permanentmagneten 10, der ventillseitig von einem Außenpol 15a und auf der gegenüberliegenden Seite von einem Joch 15 eingefast ist. Vom Joch 15 ist ein zylindrischer Innenpol 14 koaxial eingeschlossen, durch den die Ankerstange 17 geführt ist. An der ankerseitigen Stirnfläche des zweiten Magnetsystems ist zwischen dem Luftspalt 9, dem Außenpol 15a und dem Innenpol 14 eine ringförmige Kompensationsspule 13 angeordnet. Das Magnetfeld des Permanentmagneten 10 kann durch die Kompensationsspule 13 neutralisiert werden, um das Einfangen des Ankers 12 durch das kleiner dimensionierte Magnetsystem 11, 16 zum Öffnen des Ventils zu ermöglichen.

Der Durchmesser des Permanentmagneten 10 ist aus physikalischen Gründen größer als der Durchmesser des aus der Magnetspule 11 und dem Kern 16 bestehenden Elektromagneten. Um den Durchmesser des Permanentmagneten möglichst gering zu halten, besteht der Innenpol 14 aus einem Magnetwerkstoff mit möglichst hoher Sättigungsinduktion, z. B. aus einer 50%igen Eisen-Kobalt-Legierung. Joch 15 und Außenpol 15a bestehen in vorteilhafter Weise aus evolutenförmig geschichteten Blechen konstanter Dicke. Joch 15 und Außenpol 15a weisen ihren größten Durchmesser an der Einfassung des Permanentmagneten 10 auf und verzüngen sich konisch zu beiden Seiten hin, so daß der Außendurchmesser des Außenpols 15a ankerseitig etwas geringer als der Durchmesser des topfförmigen Kerns 16 ist. Dies führt zu einer vorteilhaften Reduzierung der Ankermasse, wodurch sich eine Verbesserung des Drehzahlverhaltens und eine Verschleißminderung ergibt.

Der Anker 12 besteht gleichfalls vorzugsweise aus einem Werkstoff mit möglichst hoher Sättigungsinduk-

tion, z. B. aus einer 50%igen Eisen-Kobalt-Legierung. Dies führt gleichfalls zu einer Verbesserung des Drehzahlverhaltens und zu einer Verminderung des Energiebedarfs.

In Fig. 3 sind der Leistungsbedarf einer herkömmlichen elektromagnetischen Ventilsteuerung mit zwei Elektromagneten (E) und einer erfindungsgemäßen Ventilsteuerung mit einem Permanentmagnetsystem und einem Elektromagnetsystem (PE) der Leistungscharakteristik einer Lichtmaschine (L) in Abhängigkeit von der Drehzahl gegenübergestellt. Während die Leistungsaufnahme einer rein elektromagnetischen Ventilsteuerung von der Drehzahl unabhängig ist, ist der Leistungsbedarf einer erfindungsgemäßen Ventilsteuerung der Drehzahl proportional. Damit ergibt sich eine besonders gute Anpassung des Energiebedarfs an die Leistungscharakteristik einer Lichtmaschine. Der Leistungsbedarf einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist bei hohen Drehzahlen zwar höher als der eines rein elektromagnetischen Systems, jedoch können wegen des geringeren Energiebedarfs bei niedrigen Drehzahlen kleinere Lichtmaschinen verwendet werden.

#### Figurenlegende

- 1 Magnetgehäuse
- 9 Luftspalt
- 10 Permanentmagnet
- 11 Magnetspule
- 12 Anker
- 13 Kompensationsspule
- 14 Innenpol
- 15 Joch
- 15a Außenpol
- 16 Kern
- 17 Ankerstange
- 18 Stangenkopf
- 19 Lagermittelpunkt
- 20 Schwinghebel
- 21 Schwinghebelbolzen
- 22 Schwinghebelkopf
- 23 Schieberhülse
- 24 Tellerfeder
- 25 Haltehülse
- 26 hydraulische Dämpfungseinrichtung
- 27 Mitnehmerhülse
- 28 Führungshülse
- 29 Ventil
- 30 Ventilteller
- 31 Ventilschaft
- 32 Ventilsitz
- 33 Zylinderkopf

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur elektromagnetischen Steuerung eines Gaswechsel-Ventils einer Hubkolben-Brennkraftmaschine, mit zwei Magnetsystemen, von denen mindestens eines eine permanentmagnetische Vorerregung aufweist, mit einem gemeinsamen zwischen den beiden Magnetsystemen beweglichen Anker zum Öffnen und zum Schließen des Ventils gegen die Kraft einer Feder, dadurch gekennzeichnet, daß das ventillseitige Magnetsystem (11, 16) zum Öffnen des Ventils (29) aus einer Magnetspule (11) mit einem rotationssymmetrischen Kern (16) besteht, daß das dem Ventil (29) abgewandte Magnetsystem (10, 13, 14, 15, 15a) zum

Schließen des Ventils (29) einen Permanentmagneten (10) mit einem Innenpol (14), einem Joch (15) und einem Außenpol (15a) aufweist, daß das Magnetfeld des Permanentmagneten (10) durch eine Kompensationsspule (13) zwischen Innenpol (14) und Außenpol (15a) kompensierbar ist, und daß der Außendurchmesser des Außenpols (15a) ankerseitig nahezu auf den Durchmesser des Ankers (12) reduziert ist, der durch den Durchmesser des Kerns (16) der Magnetspule (11) vorgegeben ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, Kern (16) als Topfkern ausgebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (10) ringförmig ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenpol (14) des Permanentmagneten (10) aus einem Magnetwerkstoff mit sehr großer Sättigungsinduktion besteht.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (12) aus einem Magnetwerkstoff mit sehr großer Sättigungsinduktion besteht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenpol (14) bzw. der Anker (12) aus einer Eisen-Kobalt-Legierung mit etwa 50% Kobalt-Anteil bestehen.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Joch (15) und der Außenpol (15a) des Permanentmagneten (10) lamelliert sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Joch (15) und der Außenpol (15a) aus evolventenförmig geschichteten Blechen konstanter Dicke bestehen.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Joch (15) und der Außenpol (15a) koaxial auf dem Innenpol (14) angeordnet sind und den Permanentmagneten (10) beidseitig einfassen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Außenpol (15a) von seinem größten Durchmesser an der Einfassung des Permanentmagneten (10) zur Ankerseite und das Joch (15) sich zur gegenüberliegenden Seite hin konisch verjüngt.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Abstandes ( $R_M$ ) des Schwinghebelbolzens (21) vom Lagermittelpunkt (19) des Schwinghebels (20) zum Abstand ( $R_V$ ) der Längsachse des Ventils (2) vom Lagermittelpunkt (19) des Schwinghebels (20) zwischen 0,6 und 1,0 liegt.

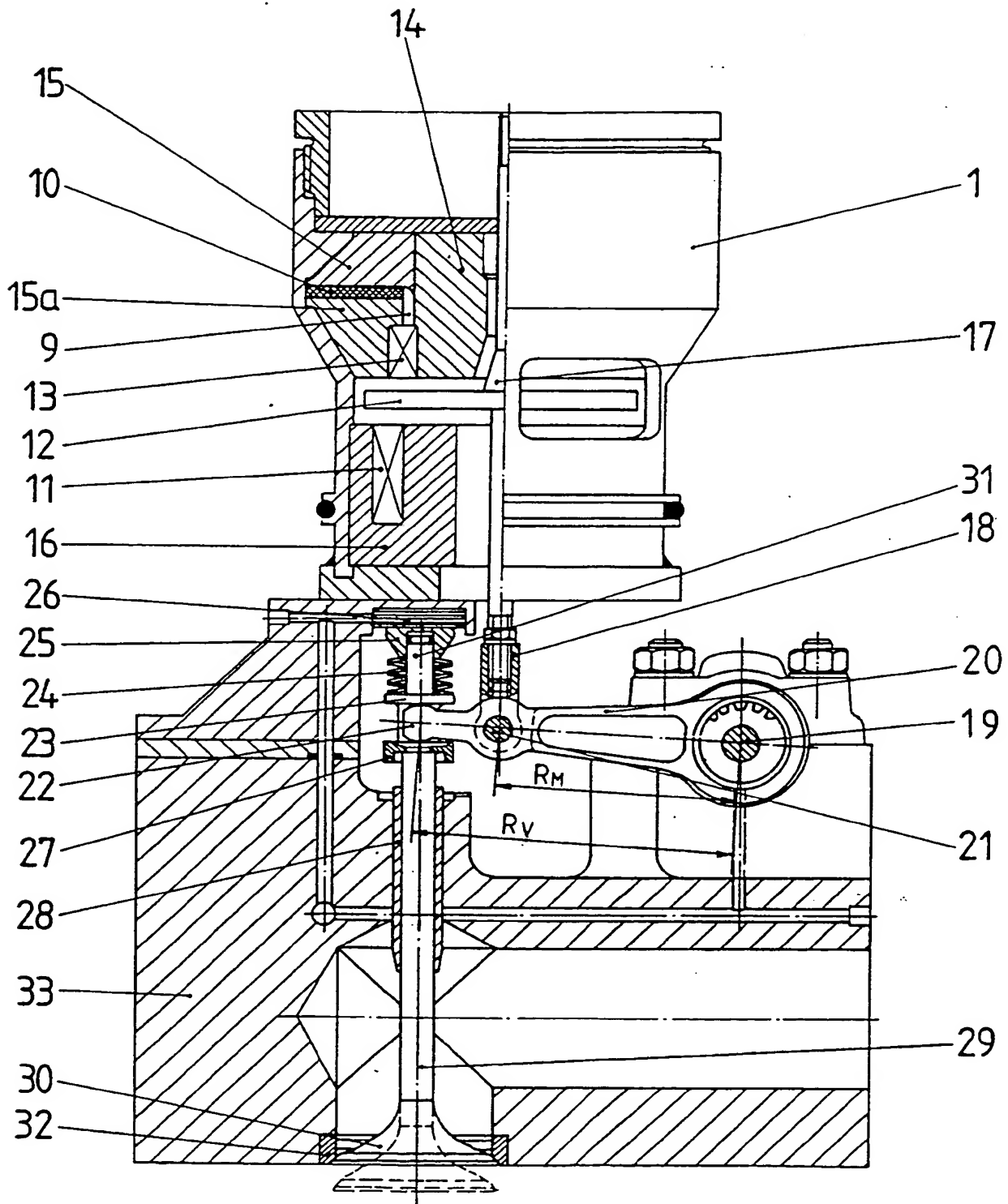
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

55

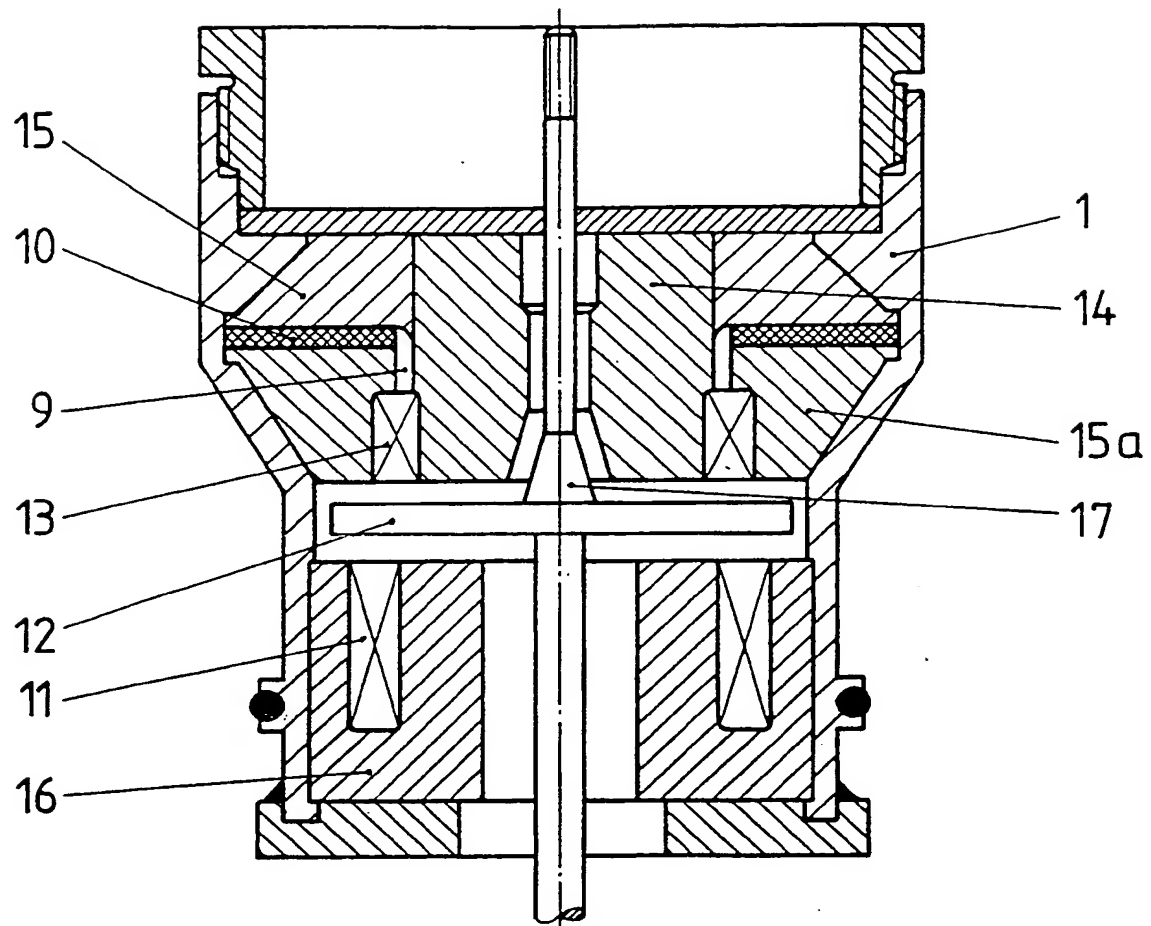
60

65

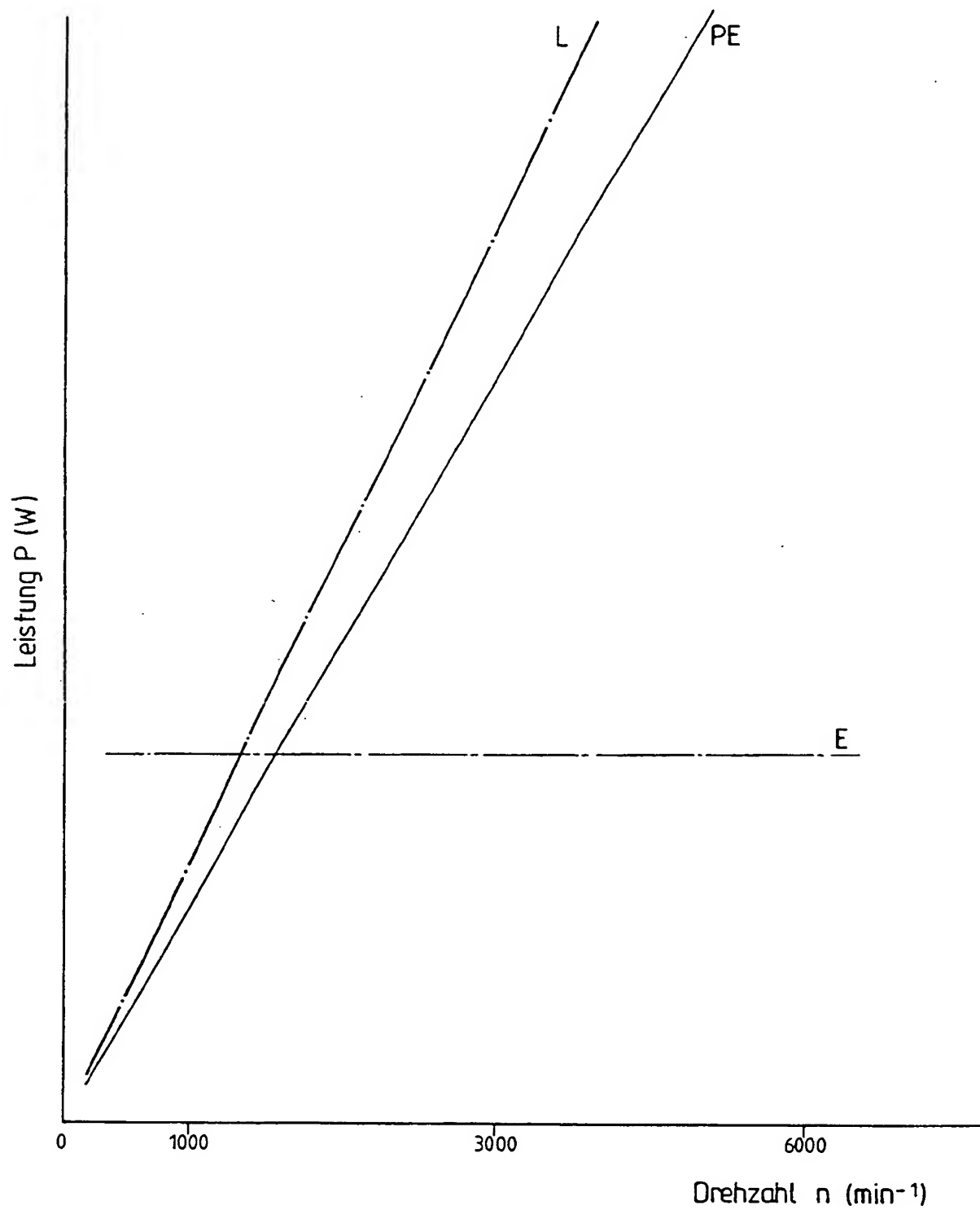
– Leerseite –



Figur 1



Figur 2



Figur 3